

## Bioaccumulation du cuivre et du zinc chez *Nereis diversicolor* (Annélide Polychète) de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc)

Patrick Gillet

Laboratoire de Zoologie et d'Ecologie Marine  
I.R.F.A., Institut de Recherche Fondamentale et Appliquée, 3, place André Leroy  
BP 808 - 49005 Angers Cedex

**Résumé** : Après une description sommaire des conditions physico-chimiques de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc), l'auteur précise les variations de la densité et de la biomasse de *Nereis diversicolor*. Les teneurs en cuivre et en zinc varient suivant les saisons et diminuent de l'aval vers l'amont pour le cuivre. Elles demeurent inférieures à celles observées chez les Mollusques et les Crustacés. Les fluctuations pourraient expliquer le mauvais recrutement d'automne et montrent le rôle des métaux lourds sur la dynamique de cette espèce.

**Abstract** : After a description of the physico-chemistry of the estuary Bou Regreg, the author gives the variations of density and biomass of *Nereis diversicolor*. The values of copper and zinc move during the seasons and decrease from the down stream to the upstream for copper. There are less than the values in molluscs or crustaceans. These variations can explain the bad recruitment during autumn and the effect on the dynamic of this species.

### INTRODUCTION

L'estuaire du Bou Regreg qui sépare les villes de Rabat et de Salé (Figs 1 et 2) est très riche en Annélides Polychètes : quatre-vingt-neuf espèces ont été recensées (Gillet, 1986). Quelques unes, dont *Nereis diversicolor*, ont une large répartition horizontale (1 à 20 km) et permettent une étude sur la presque totalité de l'estuaire (25 km).

Les Annélides Polychètes, largement consommées par certains Poissons : sole, plie, limande... jouent un rôle fondamental dans les estuaires au niveau de l'interface eau-sédiment. L'accumulation des métaux lourds a été peu étudiée chez les Polychètes. Fabre-Teste (1981) a réalisé une étude globale des métaux lourds chez *Arenicola marina* et Chassard-Bouchaud (1985), dans la baie de Seine, a étudié l'accumulation de métaux lourds chez *Owenia fusiformis*.

La plupart des études ont été réalisées en laboratoire et les données sur les concentrations de métaux lourds en milieu naturel sont rares. Beaucoup de travaux ne prennent en compte ni les variations saisonnières, ni les différences existant entre l'aval et l'amont des estuaires. Une comparaison avec les teneurs observées chez d'autres invertébrés benthiques (Mollusques, Crustacés) et chez les Poissons devrait préciser s'il existe effectivement une concentration des métaux le long des chaînes alimentaires.

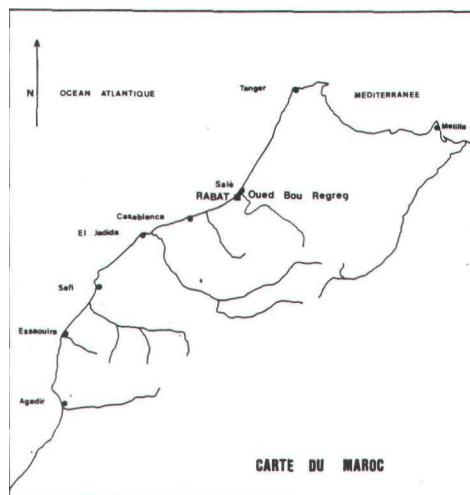
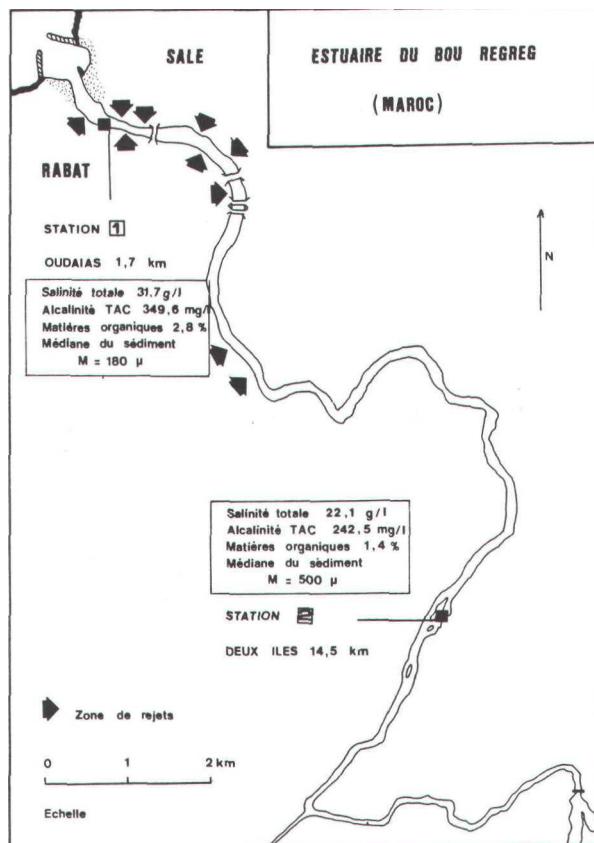


Fig. 1 - Carte du Maroc

Fig. 2 - L'estuaire du Bou Regreg :  
Localisation des stations et des zones de rejets.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les populations de *Nereis diversicolor* proviennent de la zone intertidale. La station 1 (1.7 km) est située à l'embouchure dans la zone de rejet alors que la station 2 (14.5 km) est située en amont des rejets (Fig. 2). Les individus sont récoltés d'octobre 1983 à janvier 1985. L'échantillonnage est effectué à basse mer à partir de trois prélèvements de 0.25 m<sup>2</sup> (haute slikke, mi-slikke et basse slikke). Après la détermination du poids sec pour le calcul de la biomasse, par séchage à poids constant à 80° C, les teneurs en cuivre et en zinc sont déterminées par spectrométrie d'absorption atomique (appareil I.L. Instrumental Laboratory). La sensibilité est de l'ordre de 0.03 à 0.04 µg/ml. Les Polychètes, après séchage à l'étuve, sont broyées au mortier puis tamisées sur un tamis de 0.5 mm de vide de maille. Après une calcination de 7 à 8 heures à une température de 470 à 480° C, la remise en solution est effectuée par l'acide nitrique. La lampe utilisée possède une cathode creuse bi-éléments Cu-Zn. ( $\lambda_{Cu} = 324.7$  mm et  $\lambda_{Zn} = 213.9$  mm).

## CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'ESTUAIRE DU BOU REGREG

Dans l'estuaire, les rejets de polluants ont lieu essentiellement à proximité de l'embouchure, par les émissaires de la médina de Rabat et de la ville de Salé. En amont, des eaux domestiques provenant des décharges et des bidonvilles sont également une source de pollution importante.

Les mesures physiques et chimiques effectuées simultanément aux prélèvements montrent pour l'année 1984 : une salinité totale de 31,7 g/l (station 1) à 22,1 g/l (station 2). Près de l'embouchure, le sédiment est constitué par des sables fins (médiane  $M = 180 \mu$ ) riches en matières organiques (2,8 %) alors qu'en amont (station 2), les sables grossiers ( $M = 500 \mu$ ) sont moins riches en matières organiques (1,4 %). L'alcalinité totale (titre alcalimétrique complet : TAC) est de 349,6 mg/l à la station 1 et de 242,5 mg/l à la station 2. L'ensemble des mesures a été réalisé par basse mer de vives-eaux (Gillet, 1986).

Les prélèvements effectués au niveau de la retenue du barrage montrent que les teneurs en cuivre et en zinc sont faibles, de l'ordre de 10 µg/l. D'autres mesures effectuées par l'Office national de l'eau potable montrent que les teneurs dans l'estuaire varient de 5 à 63 µg/l pour le zinc et de 8 à 153 µg/l pour le cuivre. Dans le sédiment, les valeurs sont de 19 à 30 µg/l pour le cuivre et de 78 à 172 µg/l pour le zinc. D'une manière générale, les teneurs sont plus faibles près du fond et diminuent de l'aval vers l'amont.

Dans les fleuves d'Europe, les teneurs sont généralement de 0.7 à 10 µg/l pour le cuivre dans l'eau et de 10 à 700 µg/l dans le sédiment. Pour le zinc, les teneurs varient de 7.5 à 20 µg/l dans l'eau et de 100 à 1000 µg/l dans le sédiment (Goldberg, 1963) ; (Bertine *et al.*, 1972) (Tableau I). Les teneurs peuvent être très élevées dans les milieux pollués. Dans les eaux usées de la région de Montréal, Caille *et al.*, (1973) ont trouvé des teneurs en cuivre de 5 à 2050 ppm et de 90 à 1450 ppm pour le zinc. Dans les eaux d'égout de New-York, Pararas-Carayannis (1973) a signalé des teneurs de 1312 à 2038 ppm pour le cuivre.

La concentration en métaux dépend de plusieurs facteurs : température, salinité, pH... Pour des salinités inférieures à 5 %o, la concentration en cuivre et en zinc peut diminuer de 50 % (Martin *et al.*, 1970). Duke *et al.* (1969) ont montré que la salinité, la température, le pH et la concentration en zinc stable modifiaient la concentration en Zn 65 de diverses espèces estuariennes : huîtres, clams, crabes...

## RÉSULTATS

A l'embouchure (station 1), la densité moyenne de *Nereis diversicolor* (Fig. 3) est de 620 m<sup>2</sup> (320 à 1008/m<sup>2</sup>). On observe un premier pic en mai et un second en septembre. En amont (station 2), la densité moyenne est de 585/m<sup>2</sup> (292 à 1072/m<sup>2</sup>) avec un pic en mai et un autre en août-septembre. La biomasse en poids sec pour l'année 1984 est de 13,25 g/m<sup>2</sup> (5,35 à 27,22 g/m<sup>2</sup>) à la station 1, et de 13,12 g/m<sup>2</sup> (4,92 à 20,83 g/m<sup>2</sup>) à la station 2. On note peu de différence entre les deux stations, le recrutement se faisant au printemps et en automne.

Pour l'année 1984, les teneurs moyennes en cuivre sont de 35.0 µg/g (21 à 54,7 µg/g) à la station 1 et de 19.3 µg/g (8,5 à 51,4 µg/g) à la station 2. Pour le zinc, on note des teneurs de 188.8 µg/g (125,0 à 297,5 µg/g) à la station 1, et de 186.3 µg/g (104,1 à 337,5 µg/g) à la station 2 (Fig. 4). Les variations saisonnières sont importantes et les teneurs en zinc sont toujours supérieures à celles en cuivre.

La connaissance de la biomasse permet d'estimer la quantité de métaux lourds stockée par les Polychètes. Pour le cuivre, les teneurs varient de 254 à 1488 µg/m<sup>2</sup> à la station 1 et de 82 à 720 µg/m<sup>2</sup> à la station 2. Pour le zinc, elles sont de 1188 à 4474 µg/m<sup>2</sup> à la station 1, et de 1059 à 4445 µg/m<sup>2</sup> à la station 2. Les quantités de zinc sont équivalentes dans les deux stations mais elles diminuent de l'aval vers l'amont pour le cuivre.

Le calcul des coefficients de corrélation (Fig. 5) montre qu'il n'y a pas de relation entre les teneurs en cuivre observées à la station 1 (35.0 µg/g) et à la station 2 (21.1 µg/g)  $r = 0.01$ . Par contre, la relation est étroite pour les teneurs en zinc (188.8 µg/g station 1, et 186.3 station 2)  $r = 0.61$  (Fig. 6). Les teneurs en cuivre sont bien corrélées avec la pluviosité  $r = 0.60$  et  $0.67$  (Fig. 7). Pour le zinc, elles sont bien corrélées avec l'alcalinité (TAC)  $r = 0.51$  et  $0.72$  (Fig. 8). Les teneurs en métaux lourds semblent dépendre de la pluviosité qui détermine les apports, et de

l'alcalinité (TAC) qui permet d'estimer les apports en bicarbonates qui augmentent parallèlement à la charge en matières organiques.

TABLEAU I - Concentrations en cuivre et en zinc dans le sédiment de diverses régions. (PS = poids sec)

Auteurs	Localité	Cu ++ (PS)	Zn ++ (PS)
Présent travail.	Rabat	19 à 30 µg/g	78 à 172 µg/g
Bryan, Hummerstone (1971).	Plym	41 µg/g	339 µg/g
	Dart	44 µg/g	140 µg/g
	Restinguet	3020 µg/g	2237 µg/g
Whitehead <i>et al</i> (1985).	Fos	30,9 ppm	79,7 ppm
	Barcelone	14,5 à 151 ppm	42,4 à 166 ppm
	Almérie	4,6 à 5,7 ppm	29,0 à 56,2 ppm
Krumgalz, Fleisher (1985)	Haïfa	7 µg/g	30,7 µg/g
Saad, Fahmy (1985).	Égypte	85,6 ppm	140 ppm

#### DISCUSSION

Les densités sont voisines de celles observées en Angleterre : 35.2 à 280.8/m<sup>2</sup> (Dales, 1950); 208 à 951/m<sup>2</sup> (Chambers, Milne, 1975) et en Finlande: 664/m<sup>2</sup> (Smith, 1955). Par contre, les biomasses sont supérieures à celles observées par Chambers, Milne (1975) malgré des densités voisines (4.22 à 11.49 g/m<sup>2</sup>). Ceci peut s'expliquer en raison des fortes teneurs en matières organiques.

L'accumulation des métaux lourds chez les Polychètes a été relativement peu étudiée malgré l'importance de ce groupe dans les communautés benthiques. Seuls Packer *et al.* (1980), puis Fabre-Teste (1981) ont réalisé une étude globale des métaux lourds chez *Arenicola marina*. Chez cette même espèce, Groenendal (1981) a étudié l'adaptation aux sulfures. Divers métaux ont été étudiés : l'accumulation de PCBs et de cadmium chez *Nereis virens* (Rubinstein *et al.* 1983), l'arsenic chez *Tharyx marioni* (Gibbs, Langston, 1983) et le manganèse chez *Hermione hystrix* (Chipman *et al.* 1968). L'adaptation au cuivre a été étudiée chez *Neanthes aranaceodentata* (Pesh, 1979), (Pesh, Hoffman, 1982), (Oshida *et al.* 1981), (Oshida & Word, 1982), et chez *Eudistylia vancouveri* (Young, 1981), (Young, Roesijadi, 1983). Chez *Phyllodoce maculata*, Mc Lusky et Phillips (1975) ont montré que l'accumulation du cuivre variait proportionnellement aux teneurs des sédiments.

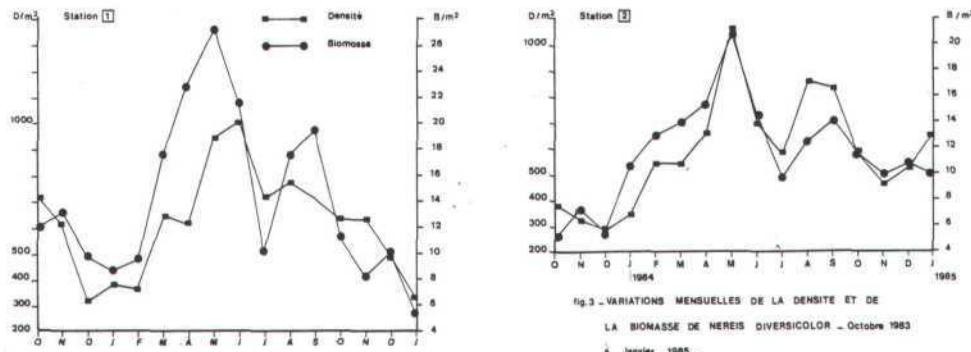


Fig. 3 - Variations mensuelles de la densité et de la biomasse de *Nereis diversicolor* - octobre 1983 à janvier 1985.

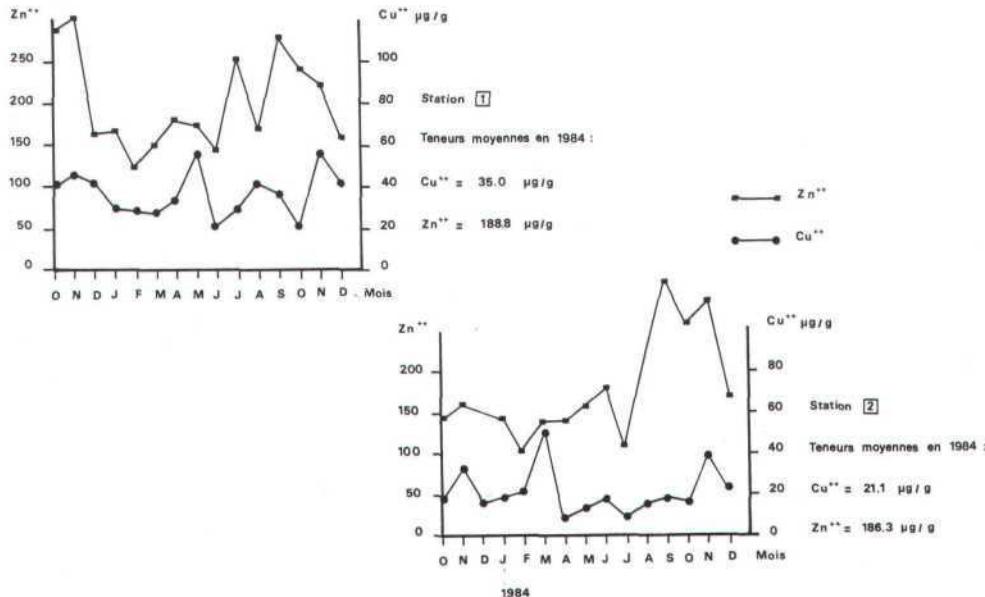


Fig. 4 - Teneurs en cuivre et en zinc chez *Nereis diversicolor* - octobre 1983 à décembre 1984.

Cu 1	
Cu 2	0.01
Zn 1	0.08
Zn 2	—
TAC mg/l	0.24
P mm	0.67
	Cu 1 Cu 1 Zn 1 Zn 2

Fig. 5 - Coefficients de corrélation.

Les teneurs en cuivre observées chez *Nereis diversicolor* par Bryan, Hummerstone (1971) varient de 22 à 1142 µg/g (PS) selon les estuaires. Les concentrations observées dans le Bou Regreg se situent donc parmi les plus faibles valeurs. Pour le zinc, Bryan, Hummerstone (1971) ont trouvé des teneurs variant de 155 à 199 µg/g PS, ce qui est en accord avec les valeurs relevées dans le Bou Regreg. L'enrichissement en métaux lourds dans l'ordre Zn > Pb > Cu chez les Polychètes suit la loi de Irving et Williams, ce qui avait été signalé par Goldberg (1965) pour le plancton. Ces résultats sont également en accord avec ceux de Cross *et al.* (1970), qui n'observaient pas de différences avec les teneurs relevées dans le sédiment.

Les teneurs en cuivre diminuent de l'aval vers l'amont, contrairement aux observations de Amiard-Triquet *et al.* (1983) dans l'estuaire de la Loire. Ce phénomène avait été signalé dans les estuaires Avon et Dart ; Bryan, Hummerstone (1971), trouvaient ce phénomène anormal en raison de l'augmentation de la concentration en cuivre dans le sédiment de l'aval vers l'amont (gradient inverse).

Ces mêmes auteurs ont trouvé que la concentration en cuivre variait de 779 à 902 µg/g (PS) dans les parapodes et de 167 à 198 µg/g (PS) au niveau de l'intestin. Chez *Owenia fusiformis*, Chassard-Bouchaud (1985) a montré que les principaux sites de bioaccumulation étaient les épithéliums tégumentaires. Les mécanismes sont donc différents de ceux mis en évidence chez les Mollusques et les Crustacés. Les teneurs en métaux plus élevées en automne pourraient altérer le recrutement, celui d'automne étant effectivement moins important que celui de printemps.

#### COMPARAISON AVEC LES TENEURS OBSERVÉES CHEZ D'AUTRES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES

D'une manière générale les teneurs en métaux lourds sont plus élevées chez les Mollusques et les Crustacés que chez les Polychètes vivant dans les mêmes biotopes (Tableau II). Ces résultats concordent avec ceux de Amiard-Triquet *et al.* (1983) qui observaient dans l'estuaire de la Loire des concentrations en cuivre de 1 à 10 µg/g chez les Cnidaires, les Echinodermes et les Poissons, et dix fois supérieures chez les Mollusques et les Crustacés. Les teneurs en zinc qui varient de 42.8 à 119.3 µg/g atteignent 227.8 µg/g chez les Actinies et 694.5 µg/g chez le Buccin. Preston (1972) n'a pas observé d'augmentation du cuivre chez les Poissons alors que la teneur a augmenté dans les eaux côtières britanniques. Ces résultats montrent bien la difficulté d'établir une relation entre la concentration en métaux lourds et la position systématique ou le niveau trophique. Les teneurs très élevées observées chez les Mollusques pourraient s'expliquer par la présence d'un pigment respiratoire : l'hémocyanine (cuproprotéine).

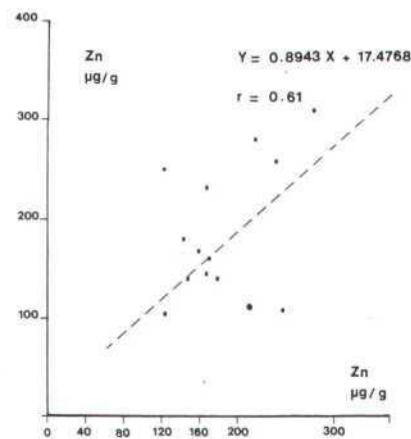


Fig. 6 - Relation entre les teneurs en zinc chez *Nereis diversicolor* - stations 1 et 2.

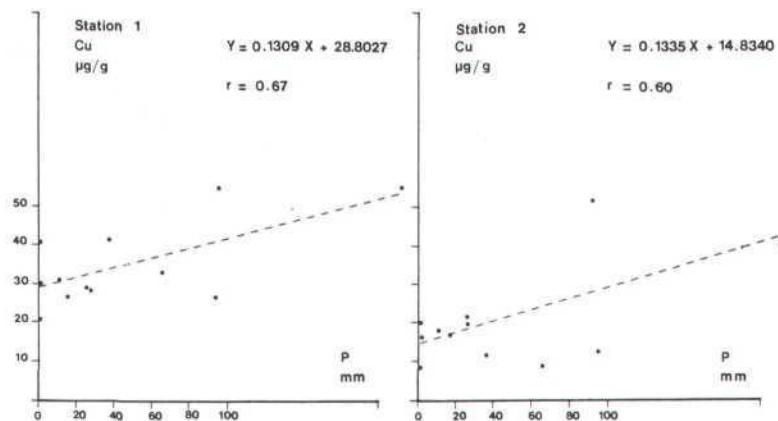


Fig. 7 - Relation entre la teneur en cuivre chez *Nereis diversicolor* et la pluviosité.

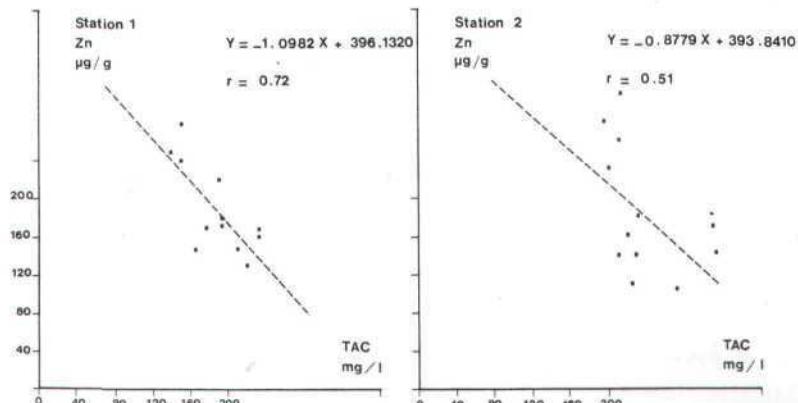


Fig. 8 - Relation entre la teneur en zinc chez *Nereis diversicolor* et l'alcalinité.

TABLEAU II - Teneurs en cuivre et en zinc chez quelques invertébrés benthiques. (PS : poids sec, PF = poids frais)

Auteurs	Localité	Espèces	Cu ++ (PS)	Zn ++ (PS)
Présent travail	Rabat	<i>Nereis diversicolor</i>	27,1 µg/g	187,5 µg/g
Bryan, Hummerstone (1971)	Plym	<i>Nereis diversicolor</i>	28 µg/g	199 µg/g
	Dart	"	22 µg/g	163 µg/g
	Restinguet	"	1142 µg/g	194 µg/g
Présent travail	Rabat	<i>Scrobicularia plana</i>	41,1 µg/g	324 µg/g
Butterworth (1970)	"	<i>Nassarius</i> sp.	55,0 µg/g	514,1 µg/g
	Angleterre	<i>Littorina</i> sp.	-	340 ppm
	"	<i>Patella</i> sp.	-	310 ppm
Asso (1985)	Alger	<i>Perna perna</i>	10,9 à 15,7 ppm	133 à 243 ppm
Krumgatz, Fleisher (1985)	Haïfa	<i>Arcularia gibbulosa</i>	20 à 150 µg/g	-
	"	<i>Sphaeronassa mutabilis</i>	25 à 85 µg/g	-
	"	<i>Mactra corallina</i>	5 à 60 µg/g	-
Catsiki, Florou (1985)	Grèce	<i>Ostrea edulis</i>	135,8 ppm	-
	"	<i>Murex trunculus</i>	532,0 ppm	-
Présent travail	Rabat	<i>Upogebia</i> sp.	37,0 µg/g	243,9 µg/g
	"	<i>Carcinus</i> sp.	18,0 µg/g	756,8 µg/g
Catsiki, Florou (1985)	Grèce	Poissons	2,2 à 3,6 ppm	-
Unsal, Tuncer (1985)	Izmir	Poissons	0,16 à 21 µg/g PF	3,7 à 17,0 µg/g PF

## CONCLUSION

Les teneurs en cuivre et en zinc chez *Nereis diversicolor* font apparaître d'importantes variations saisonnières qui pourraient expliquer le mauvais recrutement d'automne. Il s'agit probablement d'une particularité des régions nord-africaines en raison des conditions pluviométriques très variables. On note un gradient amont-aval très net pour le cuivre, alors que la concentration en zinc reste stable dans tout l'estuaire.

Les teneurs en cuivre varient en fonction de la pluviosité (apports par lessivage) tandis que les teneurs en zinc sont mieux corrélées avec l'alcalinité (rejets d'eaux usées). Les différences entre l'accumulation du cuivre et celle du zinc peuvent s'expliquer par des mécanismes physiologiques, mais il semble que l'influence du milieu soit importante en raison des différences de granulométrie du sédiment et de la salinité. Ces phénomènes caractéristiques des milieux estuariens pourraient entraîner une modification du régime alimentaire.

Dans l'estuaire du Bou Regreg, les concentrations en métaux lourds sont plus faibles chez les Polychètes que chez les Mollusques et les Crustacés ; comme l'observait Butterworth *et al.* (1972), il y a un enrichissement en métaux lourds le long des chaînes trophiques estuariennes, alors qu'il y aurait une diminution dans les chaînes marines.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AMIARD-TRIQUET, C., J.C. AMIARD, J.M. ROBERT, C. MÉTAYER, J. MARCHAND & J.M. MARTIN, 1983. Étude comparative de l'accumulation biologique de quelques oligo-éléments métalliques dans l'estuaire de la Loire et les zones néritiques voisines (Baie de Bourgneuf). *Cah. de Biol. Mar.*, t. XXIV: 105-118.
- ASSO, A., 1985. Étude des teneurs globales en métaux lourds chez la moule *Perna perna* dans la région d'Alger. Variations de ces teneurs en fonction de quelques paramètres biologiques, *CIESM*, Monaco, 1 : 411-415.
- BERTINE, K., 1972. Analytical techniques for selected inorganic species. In "Marine Pollution Program Strategies for a National Program". *Goldberg ED. Ed. Univ. South Calif.* 1 : 41-52.
- BRYAN, G.W. & L.G. HUMMERSTONE 1971. Adaptation of the polychaete *Nereis diversicolor* to estuarine sediments containing high concentrations of heavy metals. I General observations and adaptation to copper. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 51 : 845-863.
- BUTTERWORTH, J., P. LESTER & G. NICKLESS, 1972. Distribution of heavy metals in the Severn estuary. *Mar. Poll. Bull.*, 19, 3 : 72-74.
- CAILLE, A., P.G. CAMPBELL, M. MEYBECK & J.L. SASSEVILLE, 1973. Étude du fleuve Saint-Laurent, effluents urbains. *Rapp. Techn.* 18 : 1-203.
- CATSIKI, A.V. & H. FLOROU, 1985. Bioaccumulation des métaux lourds Cr, Cd, Ni et Cu dans le golfe de Geras. Iles de Lesvos, Mer Égée (Grèce) (Note préliminaire). *CIESM*, Monaco 1 : 317-320.
- CHAMBERS, M.R. & H. MILNE, 1975. Life cycle and production of *Nereis diversicolor*, O.F. Müller in Ythan estuary Scotland. *Est. Cost. Mar. Sci.*, 3 : 133-144.
- CHIPMAN, W., E. SCHOMMERS & M. BOYER, 1968. Uptake, accumulation and retention of radioactive manganese by the marine annelids worm *Hermione hystrix*, IAEA. *Radioactiv. in Sea*, 25 : 1-16.
- CHASSARD-BOUCHAUD, C., 1985. Bioaccumulation de métaux stables et radioactifs par les organismes benthiques de la Baie de Seine : aspects structuraux, ultrastructuraux et microanalytiques. *Cah. Biol. Mar.*, t. XXIV : 63-85.

- CROSS, F.A., T.W. DUKE & J.N. WILLIS, 1970. Biochemistry of trace elements in a coastal plain estuary : distribution of Manganese, Iron and Zinc in sediment water and polychaetous worms. *Cheasapeake Sciences*, 11: 221-234.
- DALES, R.P. 1950. The reproduction and larval development of *Nereis diversicolor* OF. Müller. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 29 : 321-360.
- DUKE, T.W. J. WILLIS, T. PRICE & K. FISCHER, 1969. Influence of environmental factors on the concentrations of zinc - 65 by and experimental community. *Sec. Nat. Symp. Radioecol.*
- FABRE-TESTE, L. & J.M. PERES, 1981. Métaux lourds dans l'écosystème littoral marin : cuivre, fer, zinc et manganèse chez *Arenicola marina* L. (Annélide Polychète) et dans les sédiments de la rade de Brest. *Env. Met.*, 173 pp.
- GIBBS, P.E. & W.J. LANGSTON, 1983. *Tharyx marioni* (Polychaete) a remarkable accumulator of arsenic. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 63, 2 : 313-325.
- GILLET, P., 1986. Contribution à l'étude écologique des Annélides Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc). Thèse Doct. Univ. Marseille 215 pp.
- GOLDBERG, E.D., 1963. The oceans as a chemical system. In "The Sea". *Hill MN Ed. Interscience Publ. NY*, vol. 2.
- GROENENDAL, M., 1981. The adaptation of *Arenicola marina* to sulfide solutions. *Neth J. Sea Res.*, 15, 1 : 65-77.
- KRUMGALZ, B.S. & Z. FLEISHER, 1985. Seeking biological heavy metals (Pb, Cd, Cu and Zn) pollution in warm Mediterranean waters. *CIESM*, Monaco 1: 241-249.
- MC LUSKY, D.S & C.N.K. PHILLIPS, 1975. Some effects of copper on the polychaete *Phyllodoce maculata*. *Estuar. Coast Mar. Sci.*, 3: 103-108.
- MARTIN, J.M., M. MEYBECK, F. SALVADORI & A. THOMAS, 1970. Pollution chimique des estuaires. *Rapp. Sci. et Techn. CNEXO.*, 22, 284 pp.
- OSHIDA, L.S. WORD & A.J. MEARNS, 1981. Effects of hexavalent and trivalent chromium on the reproduction of *Neanthes arenaceodentata* (Polychaete). *Mar. Environ. Res.*, 5, 1: 41-49.
- OSHIDA, P.S. & L.S. WORD, 1982. Bioaccumulation of chromium and its effects on reproduction in *Neanthes arenaceodentata* (Polychaete). *Mar. Environ. Res.*, 7, 3 : 167-174.
- PACKER, D.M., M.P. IRELAND, & R.J. WOOTTON, 1980. Cadmium, copper, lead, zinc and manganese in the polychaete *Arenicola marina* from sediments around the coast of Wales. *Environ. Poll.*, ser. A, 22, 4 : 309-321.
- PARARAS CARAYANNIS, G., 1973. Ocean dumping in the New York Bight : an assessment of environmental studies. *Tech. Mem.*, n° 39.
- PESH, C.E., 1979. Influence of three Sediment Types on Copper Tolerance to the Polychaete *Neanthes arenaceodentata*. *Marine Biology* 52 : 237-245.
- PESH, C.E. & G.L. HOFFMAN. 1982. Adaptation of the polychaete *Neanthes arenaceodentata* to copper. *Mar. Environ. Res.*, 6, 4 : 307-317.
- PRESTON, A.D., 1972. British Isles coastal waters : the concentration of selected heavy metals in seawater, suspended matter and biological indicators. A pilot study. *Environ. Poll.*, 3 : 69-82.
- RUBINSTEIN, N.I., E. LORES & N.R. GREGORY, 1983. Accumulation of PCBs, mercury and cadmium by *Nereis virens*, *Mercenaria mercenaria* and *Palaemonetes pupo* from contaminated harbor sediments. *Aquat. toxicol.*, 3, 3 : 249-260.
- SAAD, M.A.H. & M.A. FAHMY, 1985. Occurrence of some heavy metals in surficial sediments from the Damietta estuary of the Nile. *CIESM*. Monaco 1: 405-409.
- SMITH, R.L. 1955. On the distribution of *Nereis diversicolor* in relation to salinity in the vicinity of Tvor-minne Finland and the Isefjord Denmark. *Biol. Bull.*, vol. 108, 3 : 326-345.
- UNSQL, M., & S. TUNCER, 1985. A comparative study on the heavy metals concentrations in some fish species and in the sediments from Izmir Bay. *CIESM*, Monaco 1: 275-284.
- WHITEHEAD, N.E., B. OREGIONI & R. FUKAI, 1985. Background levels of trace metals in mediterranean sediments. *CIESM*, Monaco, 1: 233-240.
- YOUNG, J.S., R.R. ADEE, I. PISCOPO, & L. BUSCHBOM, 1981. Effects of copper on the sabellid polychaete *Eudistylia vancouveri*: II copper accumulation and tissue injury in the branchial crown. *Arch. environ. contam. toxicol.*, 10, 1: 87-104.
- YOUNG, J.S. & G. ROESUADI, 1983. Reparatory adaptation to copper-induced injury and occurrence of a copper-binding protein in the polychaete *Eudistylia vancouveri*. *Mar. Poll. Bull.*, 14, 1: 30-32.